

固体電気化学プロセスから発現する新しいエネルギー および情報変換—イオン液体を利用した有機光電変換



名古屋大学 理学研究科 教授

阿波賀 邦夫

(お問い合わせ先) awaga@mbox.chem.nagoya-u.ac.jp

研究の背景

私たちの研究グループは、長らく分子性物質の固体物性の研究を展開してきました。このような系と液体電解質を接触させることによって、従来の2次電池やスーパーキャパシターといった固体電気化学エネルギー変換に加えて、効率的なキャリア注入や光電変換といった有機エレクトロニクス情報変換に資する機能性を実現できることが分かってきました。ここでは、有機半導体とイオン液体を結び付けた光電変換について紹介します。

研究の成果

研究の発端となったのが、有機ラジカルBDTDA薄膜の研究です(図1)。この薄膜に光を当てると、一瞬だけ巨大な過渡光電流が流れ、光を切ると逆向きに電流が流れました。この巨大過渡光電流の起源について、電極界面の高効率電荷分離と薄膜内部の分極の相乗効果というモデルをつくり、これを検証するために、電荷分離と分極を異なる物質が担う[電極(M)|絶縁分極層(I)|電荷分離層(S)|電極(M)]2層薄膜セルの研究を始めました。これは、フォトダイオードとコンデンサを直列に配した微分型の光検出器等価ですが、MISMセルの場合、S層とI層が分子論的に接しているため、I層の分極によってS層での電荷分離が促進されて光電流が

巨大化します。

この巨大過渡光電流の面白さは、有機半導体の最大の弱点である移動度の低さが問題にならず、逆に絶縁性をもたらす大きな分極が利点になっていることです。I層のキャパシタンスによって過渡光電流が大きく左右されることを経験的に見だし、I層をイオン液体とする研究を進めました。この材料は、不揮発性や化学的安定性、広い電位窓、大きな誘電率など、様々な分野で関心を集めていますが、イオン液体の電気2重層形成によるキャパシタ効果によって、過渡光電流が著しく巨大化することを見だししました。また、電気2重層の特長として、その生成が電極間距離にあまり依存しないことを利用して、透明電極を全く使用せず、2つの電極を同一基板上に配したMISMセル(図2)も実現しています。

今後の展望

MISM光電セルの発展として、2つの方向を考えています。ひとつは、光電変換の超高速化による情報変換で、IRパルス光のGHz域超高速光電変換を目指しています。もう1つは、光電変換の効率を高めたエネルギー変換で、太陽電池には不向きですが、例えば変調された室内光から微弱なエネルギーを取り出せないかと考えています。

有機デバイスの過渡光電流という、これまでは本質的な性質とは見なされてこなかった現象の起源を明らかにした上で、有機系にふさわしい光電変換の作動原理としてさらなる発展を目指しています。

関連する科研費

2016-2020年度 基盤研究(S)「固体電気化学プロセスから発現する新しいエネルギーおよび情報変換」

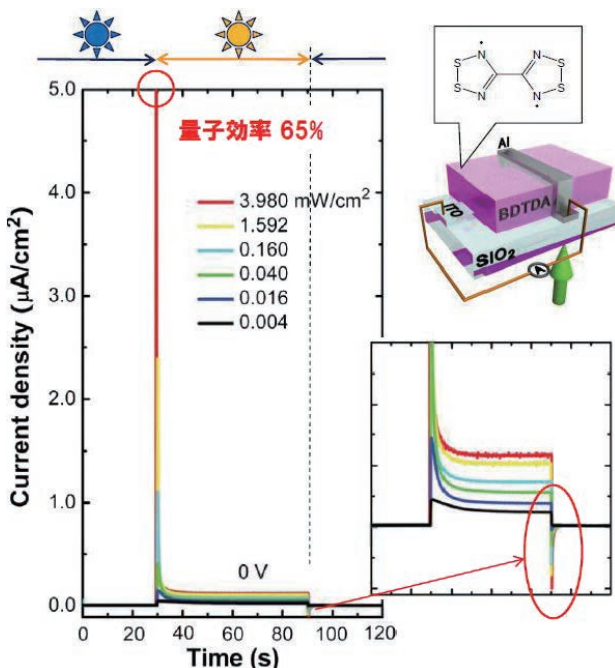


図1 [ITO | BDTDA(300nm) | Al] 光電セルへの光照射(532nm)によって得られた巨大過渡電流。挿入図は拡大図で、光遮断直後には負のスパイク電流も観測された。

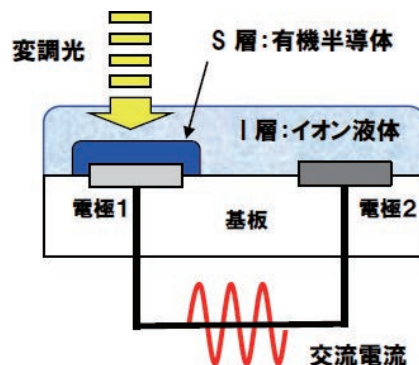


図2 透明電極を必要としない有機光電セルの構造。電極1のみを有機半導体で覆い、全体をイオン液体でカバーする。変調光を高効率で交流電流に変換できる。